

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
6 mai 2004 (06.05.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/037096 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :
A61B 17/32, 18/14, G01L 1/14(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/003119(22) Date de dépôt international :
21 octobre 2003 (21.10.2003)

(25) Langue de dépôt : français

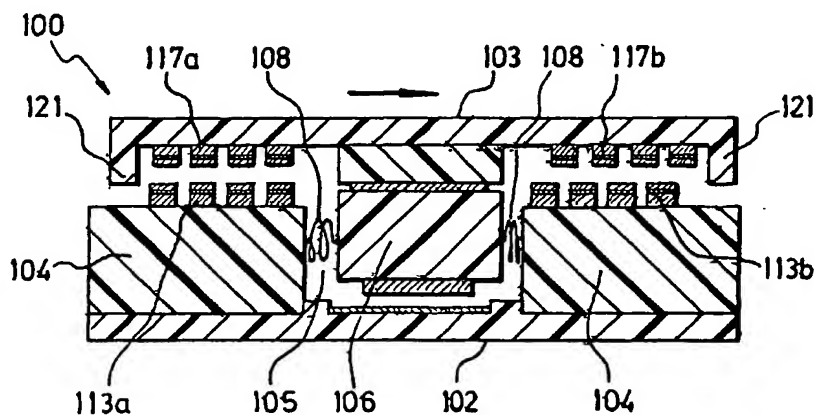
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/13168 22 octobre 2002 (22.10.2002) FR(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S) [FR/FR]; 3, rue Michel-Ange,
F-75016 Paris (FR). SINTERS [FR/FR]; 5, rue Paul
Mesplé, F-31100 Toulouse (FR).(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ESTEVE,
Daniel [FR/FR]; 3, rue Fontaine des Cerdans, F-31520
Ramonville (FR). VAN MEER, Frédéric [FR/FR]; 50,
rue Jonquières, F-31500 Toulouse (FR). GIRAUD, Alain
[FR/FR]; 3, impasse Hubert Latham, F-31400 Toulouse
(FR). VILLEROY, Nadège [FR/FR]; 2, allée Henri IV,
F-31820 Pibrac (FR).(74) Mandataire : CABINET BARRE LAFORGUE &
ASSOCIES; 95, rue des Amidonniers, F-31000 Toulouse
(FR).(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SHEAR-STRESS MICROSENSOR AND SURGICAL INSTRUMENT END TOOL

(54) Titre : MICROCAPTEUR D'EFFORT EN CISAILLEMENT ET OUTIL TERMINAL D'INSTRUMENT CHIRURGICAL



(57) Abstract: The invention relates to an end tool for a surgical instrument. The invention comprises a tool holder support (1) which is made from a rigid material comprising a flat face (2) or base layer which is designed to support a tool. The invention further comprises a surgical tool (11) consisting of a stack of elementary layers which are designed to be solidly connected to one another, such as to form a functional tool unit which can be positioned on, and solidly connected to, the aforementioned base layer (2) of the tool holder support. The surgical tool comprises at least one electronic layer (20) which is made using electronics and microelectronics technology and which comprises integrated connections to an electronic and/or light and/or fluid power source and at least one electronic component (21, 22, 23) for measuring and/or actuating and/or supplying power, and an upper functional layer (33) having a form which is designed to ensure the operation of the tool.

[Suite sur la page suivante]



SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un outil terminal d'un instrument chirurgical comprenant un support porte-outil (1) en un matériau rigide comportant une face plane (2), dite couche de base, adaptée pour supporter un outil, et un outil chirurgical (11) constitué d'un empilement de couches élémentaires adaptées pour être solidarisées les unes sur les autres de façon à former un bloc-outil fonctionnel apte à être reporté et solidarisé sur la couche de base (2) du support porte-outil, ledit outil-chirurgical comportant au moins une couche (20), dite couche électronique, réalisée selon une technologie associée à l'électronique et la microélectronique, intégrant une connectique de raccordement à une source d'énergie électronique et/ou lumineuse et/ou fluïdique, et au moins un composant électronique (21, 22, 23) de mesure et/ou d'actionnement et/ou d'apport d'énergie, et une couche supérieure fonctionnelle (33) de forme adaptée pour assurer la fonction de l'outil.

MICROCAPTEUR D'EFFORT EN CISAILLEMENT ET OUTIL TERMINAL D'INSTRUMENT CHIRURGICAL

L'invention concerne un microcapteur d'effort en cisaillement.

- 5 Elle s'étend à un outil terminal d'instrument chirurgical comprenant un tel microcapteur d'effort.

Par "microcapteur" on désigne un capteur réalisé essentiellement par micro-usinage (dépôt, gravure, coupure ...) selon les technologies de fabrication collective de la microélectronique, notamment à partir de plaques de silicium. Un
10 microcapteur peut ainsi lui-même présenter des dimensions largement supérieures au micron, qui correspondent à celles d'une puce de circuit intégré, typiquement entre 1mm^2 et 1cm^2 .

On connaît déjà de nombreux microcapteurs d'effort de pression permettant de mesurer des valeurs d'efforts appliqués selon les directions normales aux
15 faces principales du microcapteur.

On connaît par ailleurs, des capteurs d'effort multidirectionnels permettant de mesurer des efforts selon plusieurs directions, notamment selon trois directions orthogonales de l'espace.

Néanmoins, le besoin se fait sentir dans certaines applications de
20 pouvoir disposer de microcapteurs d'efforts multidirectionnels. Or, les technologies et principes mis en oeuvre dans les microcapteurs d'effort de pression connus, ne sont pas compatibles avec la mesure d'efforts de cisaillement (parallèlement aux faces du microcapteur).

L'invention vise donc à proposer un microcapteur d'effort
25 permettant la mesure d'efforts en cisaillement.

L'invention vise aussi à proposer un tel microcapteur qui soit simple à fabriquer, puisse être compact (moins de 50mm^2 et d'épaisseur de l'ordre ou inférieure à 1mm), et permette de mesurer des efforts pouvant aller jusqu'à plusieurs Newtons, notamment jusqu'à 3N .

L'invention vise plus particulièrement à proposer un microcapteur destiné à un outil terminal d'instrument chirurgical, pour la mesure d'efforts de cisaillement.

En effet, une tendance forte de la chirurgie moderne est de
5 réduire au maximum les traumatismes occasionnés sur le patient par la pratique opératoire. Cette tendance est bien illustrée par la pratique laparoscopique qui consiste à n'intervenir qu'au travers d'incisions de petites dimensions et à travailler en vision indirecte sur une image vidéo obtenue par caméra et éclairage placés dans la zone de travail. L'outil terminal chirurgical est alors porté par un instrument qui traverse la peau
10 par un trocart placé dans l'incision. La méthode la plus courante consiste, pour le chirurgien, à travailler avec deux instruments (main droite et main gauche) tandis qu'un assistant assure l'éclairage et la prise d'images. Les instruments se présentent comme des longs tubes de 40 cm dont la partie porteuse de l'outil pénètre dans le corps. La partie extérieure est manœuvrée par le chirurgien pour atteindre la zone de travail et
15 réaliser les travaux de découpe, cautérisation, couture.... Dans le mode opératoire le plus classique, le chirurgien manipule deux instruments en basant ses actions sur des images qui lui sont transmises par une caméra endoscopique.

Mais cette pratique laparoscopique qui s'est récemment développée, n'est qu'une étape vers l'automatisation progressive du geste opératoire. En
20 effet, depuis quelques années de nombreux travaux de recherche se sont orientés vers une chirurgie téléopérée où le chirurgien et son assistant s'interfacent en s'appuyant sur des robots réalisant (sur leur ordre) la manipulation de l'instrument et de l'outil terminal ; le chirurgien téléopère donc à traumatisation minimale.

Afin de satisfaire à ces exigences nouvelles, il a été conçu des
25 outils terminaux tel que l'outil à lame coupante décrit dans la demande de brevet WO 02/07617, constitués d'un outil de type classique, c'est-à-dire un outil mécanique réalisé par des technologies classiques d'usinage ou d'injection, sur une partie passive duquel est ménagée une réservation dans laquelle est inséré et solidarisé un substrat électronique intégrant plusieurs composants dont des capteurs de mesure.

Cette solution consiste donc à utiliser les outillages passifs actuels, et à associer à ces derniers une électronique de mesure et de contrôle spécifiquement dédiée à chaque outil. Bien qu'une telle solution permette dans la théorie de satisfaire aux exigences nouvelles précitées, il s'avère dans la pratique
5 qu'elle conduit à des coûts de réalisation prohibitifs des outillages chirurgicaux.

En outre, elle ne permet pas de mesurer les efforts de cisaillement, étape indispensable pour la conception d'outils terminaux pour robots. Les inventeurs ont en effet déterminé que la mesure des efforts de pression n'est pas suffisante dans un outil terminal tel qu'une pince, un bistouri, des ciseaux ... pour
10 intégrer correctement de tels outils dans un robot fiable, précis et performant.

La présente invention vise donc aussi à pallier cet inconvénient et a pour objet de fournir un outil terminal chirurgical polyvalent, compatible avec son utilisation avec un robot chirurgical. L'invention vise plus particulièrement à proposer un outil terminal doté de moyens de mesure d'efforts dans toutes les directions utiles.
15 L'invention vise aussi à proposer un outil terminal "intelligent" pouvant être réalisé en grande série avec un faible coût de production.

Pour ce faire, l'invention concerne un microcapteur d'effort destiné à être incorporé entre deux organes mécaniques d'une chaîne cinématique, et comprenant deux faces planes parallèles, dont l'une, dite face fixe, est destinée à être
20 reliée à un premier organe mécanique tel qu'un support, et l'autre, dite face mobile, est destinée à être reliée à un deuxième organe mécanique tel qu'un outil, et, entre ces deux faces, un montage de mesure d'effort comprenant au moins une couche micro-usinée, et adapté pour délivrer un signal électronique représentatif d'un effort appliqué entre la face mobile et la face fixe,
25 caractérisé en ce que :

- la face fixe est solidaire d'un premier bloc de silicium micro-usiné, dit bloc fixe,
- la face mobile est solidaire d'un deuxième bloc de silicium micro-usiné, dit bloc mobile,

- un jeu est ménagé entre les blocs fixe et mobile de façon à autoriser un déplacement relatif de ces blocs en translation selon au moins une direction, dite direction de déplacement en cisaillement, parallèle aux faces fixe et mobile,

5 - les blocs fixe et mobile sont reliés l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un dispositif de rappel en silicium micro-usiné élastiquement déformable sous l'effet d'un déplacement relatif des blocs selon ladite direction de déplacement en cisaillement,

 - il comporte un montage de mesure des déplacements relatifs
10 des blocs dans ladite direction de déplacement en cisaillement, apte à délivrer un signal représentatif de ces déplacements et donc de l'effort en cisaillement appliqué entre la face mobile et la face fixe.

 Pour certaines applications, on peut utiliser un microcapteur selon l'invention adapté pour ne mesurer les efforts en cisaillement que dans une seule
15 direction de déplacement en cisaillement. L'intérêt peut être en effet de réduire le coût et la complexité d'un tel microcapteur. Tel peut être le cas en particulier pour une pince dédiée à une utilisation axiale monodirectionnelle.

 Néanmoins, préférentiellement, un microcapteur selon l'invention est caractérisé en ce que :

20 - un jeu est ménagé entre les blocs fixe et mobile de façon à autoriser un déplacement relatif de ces blocs en translation selon toute direction de déplacement en cisaillement,

 - le dispositif de rappel est élastiquement déformable sous l'effet d'un déplacement relatif des blocs selon toute direction de déplacement en cisaillement,

25 - le montage de mesure est adapté pour mesurer les déplacements relatifs des blocs selon toute direction de déplacement en cisaillement et est apte à délivrer un signal représentatif de ces déplacements et donc de l'effort en cisaillement correspondant appliqué entre la face mobile et la face fixe.

En outre, avantageusement et selon l'invention le microcapteur est caractérisé en ce que :

- un jeu est ménagé entre les blocs fixe et mobile de façon à autoriser un déplacement relatif de ces blocs en translation selon au moins une direction, dite direction de pression, normale aux faces fixe et mobile,
- le dispositif de rappel est élastiquement déformable sous l'effet d'un déplacement relatif des blocs selon chaque direction de pression,
- il comprend un montage de mesure adapté pour mesurer les déplacements relatifs des blocs selon chaque direction de pression et apte à délivrer un signal représentatif de ces déplacements et donc de l'effort en pression appliqué entre la face mobile et la face fixe. Ainsi, un microcapteur selon l'invention peut être tridirectionnel en translation et peut mesurer les efforts selon toute direction de translation de l'espace.

Il est à noter que si plusieurs montages de mesure sont prévus pour mesurer séparément les déplacements relatifs en pression de plusieurs zones distinctes du bloc mobile, des efforts de basculement en tilt peuvent aussi être mesurés. Ainsi, si on prévoit au moins trois directions de pression distinctes avec au moins trois montages de mesure des déplacements selon ces trois directions de pression, le microcapteur selon l'invention permet de mesurer tous les mouvements en tilt du bloc mobile par rapport au bloc fixe, soit au total cinq à six axes de mobilité.

Le montage de mesure d'un microcapteur selon l'invention peut être réalisé de diverses façons connues (électromagnétique, piézoélectrique ...). Il a pour fonction de mesurer les déplacements relatifs et de les convertir en valeurs d'efforts.

Avantageusement et selon l'invention le montage de mesure est de type capacitif et comprend au moins une électrode, dite électrode fixe, solidaire du bloc fixe et au moins une électrode, dite électrode mobile, solidaire du bloc mobile, disposées en regard et de façon à former entre elles une capacité dont la valeur varie lors des déplacements relatifs des blocs dans les directions de cisaillement.

Avantageusement et selon l'invention, chaque électrode d'une paire de ces électrodes (fixe et mobile) en regard est formée d'un peigne de bandes de matériau conducteur s'étendant parallèlement entre elles et aux faces fixe et mobile et orthogonalement à une direction de cisaillement selon laquelle cette paire d'électrodes permet de mesurer les déplacements relatifs des blocs. Avantageusement et selon l'invention, il est prévu au moins une première paire d'électrodes adaptée pour détecter les déplacements relatifs selon un premier axe (x) de cisaillement et au moins une deuxième paire d'électrodes adaptée pour détecter les déplacements relatifs selon un deuxième axe (y) de cisaillement perpendiculaire au premier axe (x) de cisaillement. L'avantage d'un tel montage de mesure capacitif est de n'offrir aucune résistance ni frottement et d'être parfaitement stable en température.

Dans un mode de réalisation avantageux, un microcapteur selon l'invention est aussi caractérisé en ce que le bloc fixe comprend au moins un évidement rectangulaire de réception du bloc mobile rectangulaire, et en ce qu'il comprend quatre équerres de rappel de coin en silicium micro-usiné, élastiques en flexion, chaque équerre de rappel ayant une extrémité reliée à une paroi latérale de l'évidement, et une autre extrémité reliée à une paroi latérale du bloc mobile orthogonale à ladite paroi latérale de l'évidement, de sorte que cette équerre de rappel est interposée entre un coin de l'évidement et un coin du bloc mobile en regard et est susceptible de se déformer élastiquement en flexion lorsque le bloc mobile est déplacé par rapport à l'évidement dans une direction de cisaillement.

L'invention concerne aussi un outil terminal d'un instrument chirurgical comprenant :

- un support porte-outil en un matériau rigide comportant une face plane, dite couche de base, adaptée pour supporter un outil,
- un outil chirurgical constitué d'un empilement de couches élémentaires solidarisées les unes aux autres de façon à former un bloc-outil fonctionnel fixé sur la couche de base du support porte-outil, et comportant au moins

une couche formant un microcapteur d'effort, et une couche terminale fonctionnelle de forme adaptée pour assurer la fonction de l'outil.

L'outil terminal selon l'invention est caractérisé en ce que l'outil chirurgical comporte au moins un microcapteur d'effort selon l'invention. L'outil chirurgical peut comporter un seul microcapteur, ou plusieurs microcapteurs montés en parallèle pour augmenter les valeurs d'effort pouvant être mesurées.

Avantageusement et selon l'invention, ledit outil chirurgical comporte en outre au moins une couche micro-usinée, dite couche électronique, intégrant une connectique de raccordement à une source d'énergie électronique et/ou lumineuse et/ou fluide, et au moins une fonction électronique de traitement de signal et/ou de mesure et/ou d'actionnement et/ou d'apport d'énergie.

L'idée à la base de l'invention a donc été de réaliser un outil terminal se composant, d'une part, d'un support mécanique destiné à être intégré fonctionnellement dans un instrument chirurgical robotisé ou manuel, et d'autre part, d'un outil possédant les fonctions traditionnelles d'un outil chirurgical (pince, ciseaux, bistouri...), un microcapteur d'efforts de cisaillement, et des fonctions de traitement du signal, mesure, contrôle... permettant d'assurer le confort du chirurgien et les performances du système, ledit outil étant réalisé par empilement de couches élémentaires en utilisant par exemple les technologies de fabrication collective de la microélectronique (intégration sur silicium) et la technologie d'assemblage dite technologie hybride, de façon à former un bloc-outil monolithique.

Une telle conception présente l'avantage essentiel d'autoriser la fabrication de façon collective d'outillages "intelligents" qui peuvent donc être produits en grande série et avec un faible coût de production.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, l'outil chirurgical comporte une couche support adaptée pour être solidarisée sur la couche de base du support porte-outil, et comportant une connectique de raccordement d'une part à la connectique de chaque couche électronique, et d'autre part, à une source d'énergie électrique et/ou lumineuse et/ou fluide.

Une telle couche support permet de réaliser une "passerelle" de connexion isolant l'outil chirurgical des sollicitations s'exerçant sur les organes de liaison énergétique reliant ce dernier aux sources d'énergie. De plus, elle constitue une plate-forme de base facilitant la réalisation du bloc-outil.

5 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, l'outil chirurgical comporte une couche d'interface adaptée pour être solidarisée sous la couche fonctionnelle et intégrant des composants de transport d'énergie entre le milieu extérieur et la couche électronique.

De plus, de façon avantageuse, l'outil chirurgical comporte des
10 broches s'étendant au travers d'orifices superposés ménagés dans les différentes couches dudit outil, et adaptées pour être solidarisées dans des orifices ménagés dans la couche de base du support porte-outil.

A titre d'exemple de réalisation avantageux, l'outil terminal selon l'invention peut consister en outil terminal consistant en une pince composée de deux
15 ensembles support porte-outil/outil chirurgical selon l'invention, dont les supports porte-outil sont dotés, dans le prolongement de leur couche de base, chacun d'une oreille orthogonale à ladite couche de base, d'articulation de la pince.

De plus, en vue de constituer une pince consistant en un bistouri, la couche fonctionnelle de chaque outil chirurgical intègre au moins une électrode
20 affleurant la face supérieure de ladite couche fonctionnelle, la couche d'interface comportant un composant conducteur d'alimentation de chaque électrode.

Un autre exemple de réalisation avantageux consiste en un bistouri à une lame ou une lame de ciseau comportant une couche fonctionnelle en forme de lame possédant une face latérale longitudinale profilée en forme de biseau
25 formant une arête de coupe longitudinale.

De plus, en vue de constituer un bistouri bipolaire, la couche fonctionnelle forme une lame bipolaire dotée d'une portion d'épaisseur en matériau conducteur de l'électricité, la couche d'interface comportant un composant conducteur d'alimentation de ladite portion conductrice.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui suit en référence aux dessins annexés qui en représentent, à titre d'exemples non limitatifs, deux modes de réalisation préférentiels. Sur ces dessins :

- 5 - la figure 1 est une vue schématique en perspective de principe illustrant un corps d'épreuve (partie mécanique comprenant un bloc fixe et un bloc mobile) d'un microcapteur selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues schématiques en section illustrant le principe d'un microcapteur selon l'invention au repos et, respectivement, après
10 application d'un effort de cisaillement,
- la figure 4a est une vue de dessus d'un exemple de réalisation d'une partie inférieure comprenant un corps d'épreuve d'un microcapteur selon l'invention, la figure 4b étant une vue de dessous d'un exemple de réalisation de la partie supérieure correspondante du microcapteur selon l'invention,
- 15 - les figures 5a à 5d sont des vues schématiques en section illustrant différentes étapes successives d'un procédé de réalisation de la partie inférieure d'un microcapteur représentée figure 4a,
- les figures 6a à 6d sont des vues schématiques en section illustrant différentes étapes successives d'un procédé de réalisation de la partie supérieure d'un
20 microcapteur représentée figure 4b,
- la figure 7 est un schéma de principe d'un exemple de circuit électronique de traitement du signal d'un microcapteur selon l'invention,
- la figure 8 est une vue schématique en perspective avec arraché partiel, d'une variante de réalisation d'un microcapteur selon l'invention,
- 25 - la figure 9 est une vue en plan avant pliage d'un support porte-outil conforme à l'invention,
- la figure 10 est une vue en perspective représentant en mode éclaté les éléments d'une des mâchoires d'un bistouri électrique conforme à l'invention,

- la figure 11 est une vue de dessus avec des arrachés partiels de cette mâchoire,

- la figure 12 est une coupe longitudinale par un plan brisé A de cette mâchoire,

5 - la figure 13 est une vue en perspective d'un bistouri électrique conforme à l'invention composé de deux mâchoires telles que représentées aux figures 10 à 12,

- la figure 14 est une vue en perspective d'un bistouri à une lame bipolaire conforme à l'invention,

10 - et la figure 15 est une coupe transversale de ce bistouri à une lame.

Les figures 2 et 3 représentent un microcapteur 100 selon l'invention comprenant un corps d'épreuve 101 dont le principe est représenté figure 1. Le microcapteur 100 comprend deux faces planes parallèles dont une face fixe 102 destinée à être reliée à un premier organe mécanique tel qu'un support, et une face
15 mobile 103 destinée à être reliée à un deuxième organe mécanique tel qu'un outil ou à une couche fonctionnelle formant outil. Les deux faces fixe et mobile 102, 103 sont parallèles l'une à l'autre et planes. La face fixe 102 forme la base du corps d'épreuve 101. Le corps d'épreuve 101 comprend un bloc de silicium micro-usiné 104, dit bloc fixe 104, dont tous les éléments sont solidaires de la face fixe 102. Ce bloc fixe 104 est
20 en forme générale d'encadrement et définit un évidement central 105 rectangulaire ou carré recevant un bloc mobile 106, de formes conjuguées de celle de l'évidement 105, c'est-à-dire rectangulaire ou carrée, dont les dimensions sont plus faibles parallèlement au plan des faces 102 fixe, et mobile 103, de sorte que ce bloc mobile 106 peut se déplacer parallèlement aux faces 102 fixe, et mobile 103, à l'intérieur de l'évidement
25 105. Le bloc mobile 106 est également un bloc de silicium micro-usiné solidaire d'une plaque supérieure 107 formant la face mobile 103.

Le bloc mobile 106 est relié au bloc fixe 104 par quatre équerres de rappel de coin 108, formées en silicium micro-usiné, qui s'étendent entre les parois en regard du bloc fixe 104 et du bloc mobile 106, dans l'interstice les séparant. Chaque

équerre 108 comprend une extrémité 109 solidaire de la paroi latérale 110 de l'évidement 105 du bloc fixe 104 en regard. L'autre extrémité 111 de l'équerre 108 est reliée à la paroi latérale 112 du bloc mobile 106 qui s'étend orthogonalement à la paroi latérale 110 de l'évidement 105. De la sorte, l'équerre 108 est interposée entre un coin de l'évidement 105 du bloc fixe 104 et un coin du bloc mobile 106 en regard, et est susceptible de se déformer élastiquement en flexion lorsque le bloc mobile 106 est déplacé par rapport à l'évidement 105 dans une direction de cisaillement quelconque parallèlement aux faces fixe 102, et mobile 103. Entre leurs deux extrémités 109, 111, les équerres 108 sont indépendantes à la fois du bloc mobile 106, et de l'évidement 105 du bloc fixe 104. En outre, un jeu latéral est ménagé de chaque côté de chaque équerre 108, c'est-à-dire d'un côté par rapport à l'évidement 105, et de l'autre côté par rapport au bloc mobile 106, de sorte que les flexions de l'équerre 108 soient autorisées. La dimension de ces jeux latéraux détermine l'amplitude de déplacement en cisaillement du bloc mobile 106 par rapport au bloc fixe 104. Sur les figures 2, 3, 11, 14, les équerres 108 sont symbolisées par des ressorts, et ne sont pas représentées de façon réaliste, et ce à des fins de clarté.

Par ailleurs, autour de l'évidement 105, le bloc fixe 104 présente quatre peignes d'électrodes 113a, 113b, 114a, 114b. Chaque peigne est formé d'une pluralité de bandes électriquement conductrices, par exemple en or, parallèles les unes aux autres et distantes les unes des autres, et dont une extrémité est reliée en commun à une piste 115a, 115b, 116a, 116b, respectivement de connexion connectant le courant électrique en provenance des différentes bandes du peigne. Deux peignes 114a, 114b, sont disposés de part et d'autre de l'évidement 105 parallèlement à ses côtés opposés longitudinaux pour la mesure des forces de cisaillement selon une direction de cisaillement orthogonale à ces peignes 114a, 114b. Deux autres peignes 113a, 113b sont disposés de part et d'autre de l'évidement parallèlement aux côtés latéraux de l'évidement 105 pour mesurer un effort selon une direction de déplacement en cisaillement longitudinale, orthogonale à ces peignes 113a, 113b.

La plaque supérieure mobile 107 associée au bloc mobile 104 est également dotée de quatre peignes d'électrodes 117a, 117b, 122a, 122b semblables à ceux du bloc fixe 104 et disposés sur la face inférieure de cette plaque 107 de façon à venir respectivement en regard des quatre peignes 113a, 113b, 114a, 114b du bloc fixe 104. Sur les figures 2 et 3 en section, seuls les peignes 117a, 117b destinés à venir au-dessus des peignes 113a, 113b sont représentés. La plaque 107 est associée au bloc mobile 106 de telle sorte que les peignes 117a, 117b, 122a, 122b qu'elle porte soient maintenus à distance des peignes d'électrodes 113a, 113b, 114a, 114b du bloc fixe 104 correspondants en regard, de sorte qu'un effet capacitif se produise entre les différents peignes d'électrodes en regard. Les peignes 117a, 117b, 122a, 122b sont eux-mêmes également reliés à des pistes de connexion (non représentées) électrique, les différentes bandes de chaque peigne étant reliées à la même piste de connexion.

Comme on le voit figures 2 et 3 (qui ne sont que des schémas de principe), lorsque le bloc mobile 106 se déplace selon une direction de cisaillement parallèle aux faces 102, 103, sous l'effet d'un effort de cisaillement F, la valeur de la capacité existant entre les différents peignes d'électrodes varie, puisque la surface en regard des électrodes conductrices n'est plus la même. Cette variation de capacité fournit une mesure précise de la valeur du déplacement induit par l'effort F. Or, compte tenu du fait que les équerres de coin 108 sont des éléments de rappel élastique et ont une raideur prédéterminée, la valeur du déplacement fournit également une valeur de l'effort F.

Egalement, le fond de l'évidement 105 est revêtu d'une couche métallique conductrice 118, par exemple en or, et la face inférieure du bloc mobile 106 est également revêtue d'une couche métallique conductrice 119, par exemple en or, de sorte qu'un effet capacitif est également produit entre la couche du fond 118 et la couche de la face inférieure 119. Les deux couches métalliques 118, 119 en regard formant capacité sont également elles-mêmes reliées à des pistes de connexion conductrices.

La capacité ainsi formée peut servir pour mesurer les efforts de pression, selon une direction orthogonale aux faces fixe 102 et mobile 103. La couche 118 du fond s'étend sur une aire supérieure à celle de la couche 119 du bloc mobile 106, de sorte que la valeur de la capacité formée entre elles ne change pas lors des déplacements en cisaillement du bloc mobile 106. Par contre, cette capacité est modifiée si le bloc mobile 106 se rapproche du fond du bloc fixe 104 sous l'effet d'un effort de pression appliqué orthogonalement sur la face mobile 103. Ce faisant, les équerres 108 font office de rappel élastique du bloc mobile 106 selon la direction de pression. Elle sont en effet aussi élastiques en flexion sur cette direction normale aux faces fixe 102 et mobile 103.

Pour ce faire, le jeu entre les différents peignes d'électrodes et entre le fond 118 de l'évidement 105 et la face inférieure 119 du bloc mobile 106 doit être suffisant pour autoriser une amplitude de déplacement suffisante orthogonalement aux faces 102, 103. Si tel est le cas, lorsqu'un effort de pression est appliqué entre les faces 102, 103, cet effort de pression induit un déplacement du bloc mobile 106 par rapport au bloc fixe 104 et donc une modification de la distance séparant les peignes d'électrodes d'une part, et les couches 118, 119, conductrices du fond du bloc fixe 104 et de la face inférieure du bloc mobile 106, d'autre part.

En variante non représentée, la couche 118 du fond solidaire du bloc fixe 104 peut être scindée en au moins trois parties distinctes isolées les unes des autres, par exemple en quatre carrés ou rectangles formant chacun l'un des coins de cette couche 118. Chacune des parties est reliée à une piste de connexion qui lui est propre, de sorte que l'on forme quatre capacités différentes indépendantes mesurant les efforts dans les quatre coins des couches 118, 119 indépendamment. On peut ainsi mesurer les efforts sur quatre directions de pression différentes, et avoir une mesure des efforts de basculement (en tilt) du bloc mobile 106 par rapport au bloc fixe 104.

Des butées latérales 120 en silicium isolant sont prévues à la périphérie de la couche conductrice 118 du fond du bloc fixe 104, s'étendant sur une hauteur supérieure à l'épaisseur de la couche 118, au-dessus de sa face libre, de façon à

limiter la course de déplacement du bloc mobile 106 vers le fond du bloc fixe 104, et à empêcher le contact pour rapprochement en pression entre les couches conductrices 118, 119 et entre les peignes d'électrodes en regard.

Des butées latérales 121 sont aussi prévues solidaires de la plaque supérieure mobile 107, s'étendant vers le bas à partir de la face inférieure de cette plaque 107 sur une hauteur supérieure à celle des bandes conductrices formant les peignes d'électrodes 117a, 117b, 122a, 122b, de façon aussi à empêcher le contact par rapprochement en pression des peignes d'électrodes en regard.

Comme on le voit figure 4b, les différentes bandes des peignes 117a, 117b, 122a, 122b, ainsi que ces différents peignes sont reliés ensemble par des fils conducteurs ou par des pistes conductrices, avec la couche conductrice 119 de la face inférieure du bloc mobile 106, à une même piste de connexion pouvant être reliée à la masse. Ainsi, toutes les électrodes portées par le bloc mobile du microcapteur sont reliées à la masse.

Il est à noter que les qualificatifs "fixe" et "mobile" utilisés en référence aux faces 102, 103, blocs 104, 106 signifient que les deux éléments sont mobiles l'un par rapport à l'autre, sans nécessairement que l'élément dit "fixe" soit réellement fixe dans un référentiel terrestre. Ainsi, rien n'empêche d'utiliser le microcapteur dans une chaîne cinématique où le bloc mobile et la face mobile resteraient en fait fixes par rapport à un référentiel terrestre, alors que le bloc fixe 104 et la face fixe 102 subiraient des mouvements par rapport à ce référentiel terrestre.

Les figures 5a à 5d illustrent différentes étapes successives de fabrication d'un exemple de réalisation du bloc fixe 104 d'un microcapteur selon l'invention.

Dans la première étape de la figure 5a, on part d'une plaquette de silicium 124 couverte d'une couche d'oxyde de silicium 125, puis d'un masque en résine photolithographique 126 au format des électrodes à former sur le bloc fixe 104 (peignes 113a, 113b, 114a, 114b), et d'une couche 123 supérieure de liaison du bloc mobile 106 à la plaque supérieure mobile 107.

Grâce à ce masque, on dépose tout d'abord une couche de titane puis une couche d'or (le titane servant à l'accrochage de l'or) puis on élimine la résine photolithographique pour obtenir le résultat représenté figure 5b.

On recouvre l'ensemble d'une nouvelle couche 127 de résine photolithographique au format des évidements à creuser pour réaliser les équerres 108, comme représenté figure 5c. Après réalisation de la gravure profonde RIE formant les jeux entre les équerres 108 et le bloc mobile 106 et le bloc fixe 104, on obtient le résultat représenté figure 5d avec le corps d'épreuve 101 doté des électrodes.

Comme représenté figure 5b, on a également déposé sur la face opposée de la plaquette de silicium 124, à l'aide d'un masque photolithographique approprié, une couche conductrice d'or formant la couche conductrice inférieure 119 du bloc mobile 106.

Lors de l'étape représentée figure 5d, on colle ce corps d'épreuve sur une couche inférieure de base 128 préalablement dotée des butées latérales 120 et de la couche 118 conductrice formant le fond de l'évidement 105.

Les figures 6a à 6d représentent différentes étapes successives de la réalisation de la plaque supérieure mobile 107 et des électrodes qu'elle porte. A partir d'une plaquette de silicium 130, on dépose une couche de résine photolithographique 131 formant un masque au format d'évidements 129 à creuser dans l'épaisseur de cette plaque 130 pour la réception des peignes d'électrodes 117a, 117b, 122a, 122b. Après gravure RIE on obtient le résultat représenté figure 6b. On dépose une nouvelle couche de résine 132 comme représenté figure 6c, au format des électrodes à réaliser pour constituer les peignes d'électrodes et une couche de liaison conductrice 133 avec le bloc mobile 106. Après dépôt d'une couche de titane et d'or on obtient le résultat représenté figure 6d formé de la plaque mobile 107 dotée des peignes 117a, 117b, 122a, 122b d'électrodes.

Il suffit ensuite d'assembler cette plaque 107 sur le montage obtenu figure 5d en soudant ensemble les couches conductrices 133 du plot central de

la plaque 107 avec la couche 123 conductrice supérieure du bloc mobile 106, de sorte que ce bloc mobile 106 est associé solidaire de la plaque mobile 107.

Dans la variante de la figure 8, le microcapteur selon l'invention est réalisé à partir d'une plaquette initiale unique, formée d'un substrat SOI (silicium, oxyde de silicium et silicium dopé conducteur). On réalise tout d'abord une gravure profonde RIE face arrière dans la couche de silicium jusqu'à atteindre la couche d'oxyde de silicium, et ce au format des équerres 108 séparant le bloc mobile 106 du bloc fixe 104. On réalise ensuite une gravure face avant dans la couche de silicium conducteur au format des peignes d'électrodes à réaliser. On grave ensuite par gravure anisotrope la couche d'oxyde SiO_2 intermédiaire de façon à libérer les peignes d'électrodes 153, 154, 157, 158 de la couche d'oxyde. Dans cette variante, les peignes d'électrodes 153, 154 solidaires du bloc fixe 104 via la couche d'oxyde qui les porte, sont isolés électriquement de ce bloc fixe 104 grâce à une rainure périphérique 155, 156 réalisée dans la couche conductrice en même temps que les peignes 153, 154. En outre, les peignes d'électrodes 157, 158 solidaires du bloc mobile 106 présentent des électrodes disposées adjacentes (dans la direction latérale) à celles des peignes 153, 154 du bloc fixe 104, mais imbriquées dans ces électrodes. Ainsi, les électrodes ne sont pas superposées comme dans la variante représentée figures 2 et 3, mais juxtaposées.

Les peignes d'électrodes 157, 158 solidaires du bloc mobile 106 sont tous reliés ensemble à un plot de connexion 159 gravé dans le bloc fixe 104 et isolé électriquement de ce dernier, par l'intermédiaire d'une bande souple 160 en forme de ligne brisée autorisant les déplacements relatifs du bloc mobile 106 par rapport au plot 159. Sur la figure 8, les couches de SiO_2 et de Si dopé conducteur sont partiellement arrachées selon une diagonale. Les peignes d'électrodes 153, 154 du bloc fixe 104 et ceux 157, 158 du bloc mobile 106 sont réalisés avec le même masque.

On a ainsi réalisé dans cette variante, à partir d'un seul substrat, à la fois le corps d'épreuve 101 et les peignes d'électrodes.

L'ensemble peut être ensuite appliqué sur une couche de base telle que celle 128 représentée figure 5d pour former la capacité de mesure des efforts de pression.

La figure 4a représente une vue de dessus de la partie inférieure portant le bloc fixe 104 du microcapteur obtenu à l'étape représentée à la figure 5d. La figure 4b représente une vue de dessus de la partie supérieure comprenant la plaque mobile 107 du microcapteur tel qu'obtenu à l'étape représentée figure 6d.

La figure 7 est un schéma électrique de principe pour le traitement d'un signal issu du microcapteur selon l'invention. Le microcapteur 100 peut être symbolisé par une capacité variable 100, dont l'une des armatures est reliée à la masse (électrode solidaire de la plaque mobile 107), tandis que l'autre est reliée à l'entrée d'un circuit monostable 140 permettant de charger la capacité variable 100 via une résistance 141. Selon la valeur de la capacité du microcapteur 100, le circuit RC ainsi constitué met plus ou moins de temps à se charger. Lorsque la capacité est chargée, le circuit monostable 140 adresse un signal de fin de charge 142 à un microcontrôleur 143. Ce microcontrôleur 143 rapide est synchronisé par une horloge 144 et envoie un signal 145 au circuit monostable 140 pour déclencher la charge de la capacité variable 100. Le microcontrôleur 143 peut ainsi calculer la durée de charge totale, et la convertir en valeur de capacité fournie sur une sortie numérique 146. Un circuit logique externe au microcapteur peut calculer à partir de chaque valeur de capacité fournie par les différentes électrodes du microcapteur, les valeurs d'effort correspondantes.

Pour ce faire, après assemblage du microcapteur sur l'outil, une phase de calibration permet d'enregistrer dans une mémoire morte une matrice d'étalonnage représentative de la cartographie efforts/valeur de chaque capacité (en deux ou trois dimensions selon que l'on mesure ou non les efforts de pression). Cette matrice permet, à partir d'un vecteur de valeurs de capacité, d'obtenir le vecteur efforts correspondant.

Comme on le voit, un tel microcapteur permet de fournir des mesures d'efforts selon toute direction de cisaillement, mais également en pression, c'est-à-dire en pratique selon toute direction de l'espace, voire même en tilt, au moins dans une gamme d'amplitudes prédéterminée correspondant au jeu pouvant exister
5 entre les électrodes formant les capacités de mesure.

Les inventeurs ont ainsi constaté avec surprise que le silicium micro-usiné pouvait permettre en fait de réaliser un tel corps d'épreuve de façon très efficace, et pour la mesure d'effort de valeur relativement important pouvant être de plusieurs Newtons, notamment jusqu'à 3N (300 grammes/force). Un tel microcapteur
10 de dimensions extrêmement réduites peut être intégré en tant que couche élémentaire dans un outil tel qu'un outil chirurgical formé d'une pluralité de couches réalisé selon les technologies de la microélectronique. Le microcapteur extrêmement compact est ainsi compatible avec la réalisation d'un outil lui-même de très faibles dimensions, par exemple des dimensions de l'ordre de 8 mm en longueur, 3,5 mm en largeur, et 1 mm
15 en épaisseur totale.

Sur les figures 1 à 6d les échelles en épaisseur et en largeur ne sont pas respectées, à des fins d'illustration (les épaisseurs sont augmentées et les largeurs diminuées par rapport à la réalité).

Les différentes pistes de connexion reliées aux différentes
20 électrodes du microcapteur sont électriquement connectées à un circuit électronique qui peut être réalisé par intégration sur silicium soit à côté du microcapteur 100, c'est-à-dire avec au moins un substrat de silicium en commun, soit dans une couche supérieure ou inférieure.

En variante non représentée, la face fixe 102 du microcapteur peut
25 aussi porter des broches ou plots de connexion pour permettre un montage simple du microcapteur sur un support à la façon d'un circuit intégré.

Un tel microcapteur peut notamment servir à la réalisation d'un outil terminal d'instrument chirurgical comme décrit ci-après.

Les deux outils terminaux pour instruments chirurgicaux représentés aux figures 13 et 14 consistent en des outils "intelligents" conçus pour être fabriqués de façon collective. Ces outils terminaux se composent tous d'eux d'un support porte-outil en l'exemple représenté réalisé par pliage de tôles métalliques
5 préalablement usinées, et d'un bloc-outil réalisé par empilage de couches élémentaires en exploitant les technologies d'assemblage et de conditionnement connues sous l'appellation de technologies hybrides.

En premier lieu, la figure 9 représente le support porte-outil 1 d'une des mâchoires d'une pince électrique telle que représentée figure 13 ou d'un
10 bistouri électrique tel que représenté à la figure 14.

Ce support porte-outil 1 est constitué d'une tôle métallique micro-usinée comportant une première portion rectangulaire 2, une portion intermédiaire latérale 3 en forme de quart de cercle ménagée de façon qu'une de ses bases s'étende colinéairement dans le prolongement latéral d'un des petits côtés de la portion
15 rectangulaire 2, et une troisième portion 4 de forme semi-ovoïde s'étendant dans le prolongement de la base précitée de la portion intermédiaire 3. De plus, deux échancrures transversales 5, 6 sont ménagées respectivement au niveau de la jonction entre le bord arrondi de la portion intermédiaire 3 et le bord longitudinal correspondant de la portion rectangulaire 2, et au niveau de la jonction des deuxième et troisième
20 portions 3, 4, de façon à définir un axe de pliage (P) permettant, tel que représenté à la figure 7, de rabattre lesdites deuxième et troisième portions de façon qu'elles s'étendent dans un plan perpendiculaire aux faces de la première portion 2.

La portion rectangulaire 2 forme ainsi, une fois le pliage réalisé, une face support pour le bloc-outil décrit ci-après, s'étendant entre l'échancrure 5 et le
25 bord transversal opposé de ladite portion rectangulaire.

Sur cette face support sont percés, en premier lieu, quatre orifices 7 ménagés au niveau de chacun des quatre angles de cette dernière.

La troisième portion 3 est quant à elle percée d'une lumière centrale circulaire 10 pour l'articulation et l'actionnement de l'outil par des motorisations externes ou des systèmes manuels.

Le bloc-outil 11 selon l'invention comporte une couche support
5 12 en un matériau biocompatible ou un matériau bi-composants adapté pour former un contour biocompatible, de dimensions conjuguées de celles de la portion rectangulaire 2 du support porte-outil 1.

Cette couche support 12 adaptée pour être solidarisée sur la portion rectangulaire 2 du support porte-outil 1 est percée d'orifices en regard de
10 chacun des orifices 7 de ladite portion rectangulaire.

Sur cette couche support 12 destinée à former une plate-forme lors de la fabrication du bloc-outil 11, est, en outre, rapportée la connectique 14 de raccordement dudit bloc-outil.

La deuxième couche 16 de ce bloc-outil 11 comprend un
15 microcapteur 100 selon l'invention de mesure de contraintes dites de cisaillement destinée à permettre de mesurer les efforts exercés sur ledit bloc-outil dans le plan de deux axes (x), (y) de cisaillement orthogonaux, qui sont parallèles aux axes de symétrie de la face support du support porte-outil 1.

La face fixe 102 du microcapteur 100 est fixée rigidement sur la
20 couche support 12, par exemple par collage. La face mobile 103 du microcapteur 100 est fixée rigidement à une troisième couche 20, elle-même solidaire de la dernière couche 33 du bloc-outil 11 qui assure la fonction de l'outil, en l'exemple une mâchoire de pince.

La troisième couche 20 du bloc-outil 11 consiste en une couche
25 électronique réalisée selon les technologies liées à l'électronique et la microélectronique, assurant d'autres fonctions de mesure et de contrôle et intégrant à cet effet des microcapteurs de mesure de température, de déplacement, de caractéristiques biochimiques... des micro-actionneurs notamment mécaniques ou

fluidiques, et une électronique de proximité pour le traitement des signaux et la commande.

La couche électronique 20 intègre par exemple des sources d'éclairage telles que 23 reportées sur ladite couche électronique, et consistant par exemple en des diodes soit simplement émettrices à des fins seules d'éclairage, soit
5 émettrices/réceptrices à des fins notamment de détection de proximité, de caractérisation tissulaire et/ou de présence tissulaire.

Cette couche électronique 20 intègre aussi un capteur 24 de mesure de caractéristiques biochimiques, incorporé au niveau de la tranche frontale de
10 cette couche électronique 20.

La quatrième couche 30 consiste en une couche d'interface ou de transfert d'énergie réalisée en un matériau biocompatible, et intégrant des composants pour le transfert d'énergie entre la couche électronique 20 et le milieu extérieur.

En l'exemple, cette couche d'interface 30 comporte des puits de
15 lumière 31 en un matériau transparent, disposés de façon à être positionnés chacun à l'aplomb d'une source d'éclairage 23. Cette couche d'interface 30 intègre également des liens conducteurs 32 de liaison électrique avec la couche électronique 20.

La cinquième et dernière couche 33 du bloc-outil 11 consiste en la couche fonctionnelle assurant la fonction de l'outil et réalisée en un matériau
20 plastique ou métallique.

La couche fonctionnelle 33 présente une face supérieure ondulée. Dans l'exemple représenté, la couche fonctionnelle 33 est en une seule pièce et est associée à un seul microcapteur 100 selon l'invention.

En variante non représentée, la couche fonctionnelle 33 pourrait
25 être scindée longitudinalement en plusieurs tronçons aptes à débattre librement l'un par rapport à l'autre. En vue de permettre ce débattement libre de chacun des tronçons de la couche supérieure 33, la couche d'interface 30 est alors aussi scindée longitudinalement en plusieurs tronçons. Chaque tronçon est associé solidaire de la face mobile d'un microcapteur, le bloc-outil 11 comprenant autant de microcapteurs selon l'invention

qu'il y a de tronçons indépendants. On peut aussi mesurer des efforts différents sur différentes parties de la mâchoire formée par ce bloc-outil 11.

La couche fonctionnelle 33 présente par ailleurs deux fentes longitudinales à l'intérieur de chacune desquelles est logée une électrode 34, 35 affleurant la face supérieure de ladite couche fonctionnelle, et alimentée électriquement par le biais d'un des liens conducteurs 32 de la couche d'interface 30, conçu pour former un balai apte à absorber les déplacements verticaux de cette couche fonctionnelle 33.

En dernier lieu, la couche fonctionnelle présente des lumières aptes à loger chacune un puits de lumière 31 conformé, à cet effet, de façon à affleurer la face supérieure de ladite couche fonctionnelle.

En vue de faciliter le montage des diverses couches ci-dessus décrites formant le bloc-outil 11, et la fixation dudit bloc-outil sur le support porte-outil 1, ces couches sont percées, en regard, d'orifices ménagés de façon à former des alésages dans l'alignement des orifices 7 dudit support porte-outil, aptes à loger chacune une broche 40 de montage, adaptée néanmoins pour ne pas empêcher les mouvements en cisaillement et en pression nécessaires à la mesure des efforts.

La figure 13 représente une pince électrique composée de deux mâchoires 1-11, 1'-11' telles que décrites ci-dessus disposées en position inverse, dont les oreilles 4, 4' des supports porte-outil 1, 1' sont reliées par un axe d'articulation 41 autorisant les manœuvres de pivotement relatif desdites mâchoires, par une motorisation externe ou un système manuel.

Le second outil représenté aux figures 14 et 15 consiste en un bistouri à une lame ou une lame de ciseau.

Comme le précédent, il comporte, en premier lieu, un support porte-outil 50 qui est constitué d'une tôle métallique présentant, concernant cet outil, une première portion rectangulaire 51 bordée longitudinalement d'un retour longitudinal 52 perpendiculaire à cette portion rectangulaire 51, et prolongée d'une oreille semi-ovoïde 53.

Comme précédemment, la portion rectangulaire 51 est percée d'une échancrure 54 en vue du pliage du retour 52, et d'orifices 55 pour le montage des broches 40.

Le bloc-outil 60 comporte, quant à lui, une première couche support 61 et une deuxième couche 62 de mesure de contraintes de cisaillement conformes à celles décrites ci-dessus.

Ce bloc-outil 60 comporte en outre deux diodes d'éclairage telles que 65.

Ce bloc-outil 60 comporte également une couche d'interface 66 comportant des liens 67 de conduction électrique ainsi que deux guides de lumière 68 de section semi-ovoïde, s'étendant chacun en regard d'une diode 65 et courant longitudinalement sur ladite couche d'interface.

Ce bloc-outil 60 comporte, enfin, une couche fonctionnelle 70 formant une lame bipolaire, et constituée de trois couches superposées consistant en une couche conductrice 72 alimentée par les liens 67 et prise en sandwich entre deux couches 71, 73 en un matériau non conducteur.

De plus, deux échancrures longitudinales sont ménagées en sous-face de cette couche fonctionnelle 70 et conformées pour loger les guides de lumière 68 de façon à délivrer les faisceaux d'éclairage au niveau de la face d'extrémité de l'outil.

En dernier lieu, en vue de former l'arête de coupe de la lame, la couche fonctionnelle possède une face latérale longitudinale profilée en biseau.

REVENDICATIONS

- 1/ Microcapteur d'effort destiné à être incorporé entre deux organes mécaniques d'une chaîne cinématique, et comprenant deux faces planes parallèles, dont l'une, dite face fixe (102), est destinée à être reliée à un premier organe mécanique tel qu'un support, et l'autre, dite face mobile (103), est destinée à être reliée à un deuxième organe mécanique tel qu'un outil, et, entre ces deux faces (102, 103), un montage de mesure d'effort comprenant au moins une couche micro-usinée, et adapté pour délivrer un signal électronique représentatif d'un effort appliqué entre la face mobile (103) et la face fixe (102),
- 5 caractérisé en ce que :
- la face fixe (102) est solidaire d'un premier bloc de silicium micro-usiné, dit bloc fixe (104),
 - la face mobile (103) est solidaire d'un deuxième bloc de silicium micro-usiné, dit bloc mobile (106),
 - 15 - un jeu est ménagé entre les blocs fixe (104) et mobile (106) de façon à autoriser un déplacement relatif de ces blocs (104, 106) en translation selon au moins une direction, dite direction de déplacement en cisaillement, parallèle aux faces fixe (102) et mobile (103),
 - les blocs fixe (104) et mobile (106) sont reliés l'un à l'autre par
 - 20 l'intermédiaire d'un dispositif (108) de rappel en silicium micro-usiné élastiquement déformable sous l'effet d'un déplacement relatif des blocs (104, 106) selon ladite direction de déplacement en cisaillement,
 - il comporte un montage (113a, 113b, 114a, 114b, 117a, 117b, 122a, 122b) de mesure des déplacements relatifs des blocs dans ladite direction de
 - 25 déplacement en cisaillement, apte à délivrer un signal représentatif de ces déplacements et donc de l'effort en cisaillement appliqué entre la face mobile (103) et la face fixe (102).
- 2/ Microcapteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- un jeu est ménagé entre les blocs fixe (104) et mobile (106) de façon à autoriser un déplacement relatif de ces blocs en translation selon toute direction de déplacement en cisaillement,

5 - le dispositif (108) de rappel est élastiquement déformable sous l'effet d'un déplacement relatif des blocs selon toute direction de déplacement en cisaillement,

- le montage (113a, 113b, 114a, 114b, 117a, 117b, 122a, 122b) de mesure est adapté pour mesurer les déplacements relatifs des blocs (104, 106) selon toute direction de déplacement en cisaillement et est apte à délivrer un signal
10 représentatif de ces déplacements et donc de l'effort en cisaillement correspondant appliqué entre la face mobile (103) et la face fixe (102).

3/ Microcapteur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que :

- un jeu est ménagé entre les blocs fixe (104) et mobile (106) de
15 façon à autoriser un déplacement relatif de ces blocs (104, 106) en translation selon au moins une direction, dite direction de pression, normale aux faces fixe (102) et mobile (103),

- le dispositif (108) de rappel est élastiquement déformable sous l'effet d'un déplacement relatif des blocs (104, 106) selon chaque direction de pression,

20 - il comprend un montage (118, 119) de mesure adapté pour mesurer les déplacements relatifs des blocs selon chaque direction de pression et apte à délivrer un signal représentatif de ces déplacements et donc de l'effort en pression appliqué entre la face mobile (103) et la face fixe (102).

4/ Microcapteur selon l'une des revendications 1 à 3,
25 caractérisé en ce que le montage (113a, 113b, 114a, 114b, 117a, 117b, 122a, 122b) de mesure est de type capacitif et comprend au moins une électrode, dite électrode fixe (113a, 113b, 114a, 114b), solidaire du bloc fixe (104) et au moins une électrode, dite électrode mobile (117a, 117b, 122a, 122b), solidaire du bloc mobile (106), disposées

en regard et de façon à former entre elles une capacité dont la valeur varie lors des déplacements relatifs des blocs (104, 106) dans les directions de cisaillement.

5/ Microcapteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque électrode d'une paire d'électrodes fixe (113a, 113b, 114a, 114b) et mobile (117a, 117b, 122a, 122b) en regard est formée d'un peigne de bandes de matériau conducteur s'étendant parallèlement entre elles et aux faces fixe (102) et mobile (103) et orthogonalement à une direction de cisaillement selon laquelle cette paire d'électrodes permet de mesurer les déplacements relatifs des blocs (104, 106).

6/ Microcapteur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une première paire d'électrodes (113a, 113b, 117a, 117b) adaptée pour détecter les déplacements relatifs selon un premier axe (x) de cisaillement et au moins une deuxième paire d'électrodes (114a, 114b, 122a, 122b) adaptée pour détecter les déplacements relatifs selon un deuxième axe (y) de cisaillement perpendiculaire au premier axe (x) de cisaillement.

7/ Microcapteur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le bloc fixe (104) comprend au moins un évidement (105) rectangulaire de réception du bloc mobile (106) rectangulaire, et en ce qu'il comprend quatre équerres (108) de rappel de coin en silicium micro-usiné, élastiques en flexion, chaque équerre (108) présentant une extrémité reliée à une paroi latérale de l'évidement (105), et une autre extrémité reliée à une paroi latérale du bloc mobile (106) orthogonale à ladite paroi latérale de l'évidement (105), de sorte que cette équerre (108) de rappel est interposée entre un coin de l'évidement (105) et un coin du bloc mobile (106) en regard et est susceptible de se déformer élastiquement en flexion lorsque le bloc mobile (106) est déplacé par rapport à l'évidement (105) dans une direction de cisaillement.

8/ Outil terminal d'un instrument chirurgical comprenant :

- au moins un support porte-outil (1, 50) en un matériau rigide comportant une face plane, dite couche de base (2, 51), adaptée pour supporter un outil,

- au moins un outil chirurgical (11, 60) constitué d'un empilement de couches élémentaires solidarisées les unes aux autres de façon à former un bloc-outil fonctionnel fixé sur la couche de base (2, 51) du support porte-outil, et comportant au moins une couche formant un microcapteur d'effort, et une couche terminale fonctionnelle (33, 70) de forme adaptée pour assurer la fonction de l'outil,

caractérisé en ce que l'outil chirurgical comporte au moins un microcapteur d'effort (100) selon l'une des revendications 1 à 7.

- 9/ Outil-terminal selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit outil chirurgical comporte en outre au moins une couche micro-usinée, dite couche électronique (20), intégrant une connectique de raccordement à une source d'énergie électronique et/ou lumineuse et/ou fluide, et au moins une fonction électronique de traitement de signal et/ou de mesure et/ou d'actionnement et/ou d'apport d'énergie.

10/ Outil terminal selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que l'outil chirurgical (11 ; 60) comporte une couche support (12 ; 61) adaptée pour être solidarisée sur la couche de base (2 ; 51) du support porte-outil (1 ; 50) , et comportant une connectique de raccordement (14) d'une part à la connectique de chaque couche électronique, et d'autre part, à une source d'énergie électrique et/ou lumineuse et/ou fluide.

11/ Outil terminal selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que l'outil chirurgical (11 ; 60) comporte une couche d'interface (30 ; 66) adaptée pour être solidarisée sous la couche fonctionnelle (33 ; 70) et intégrant des composants (31, 32 ; 67, 68) de transport d'énergie entre le milieu extérieur et la couche électronique.

12/ Outil terminal selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que l'outil chirurgical (11 ; 60) comporte des broches (40) s'étendant au travers d'orifices superposés ménagés dans les différentes couches dudit outil, et adaptées pour être solidarisées dans des orifices (7 ; 55) ménagés dans la couche de base (2 ; 51) du support porte-outil (1 ; 50).

13/ Outil terminal selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce qu'il consiste en une pince composée de deux ensembles (1, 11, 1', 11') support porte-outil/outil chirurgical, dont les supports porte-outil (1, 1') sont dotés, dans le prolongement de leur couche de base (2, 2'), chacun d'une oreille (4, 4') orthogonale à ladite couche de base, d'articulation de la pince.

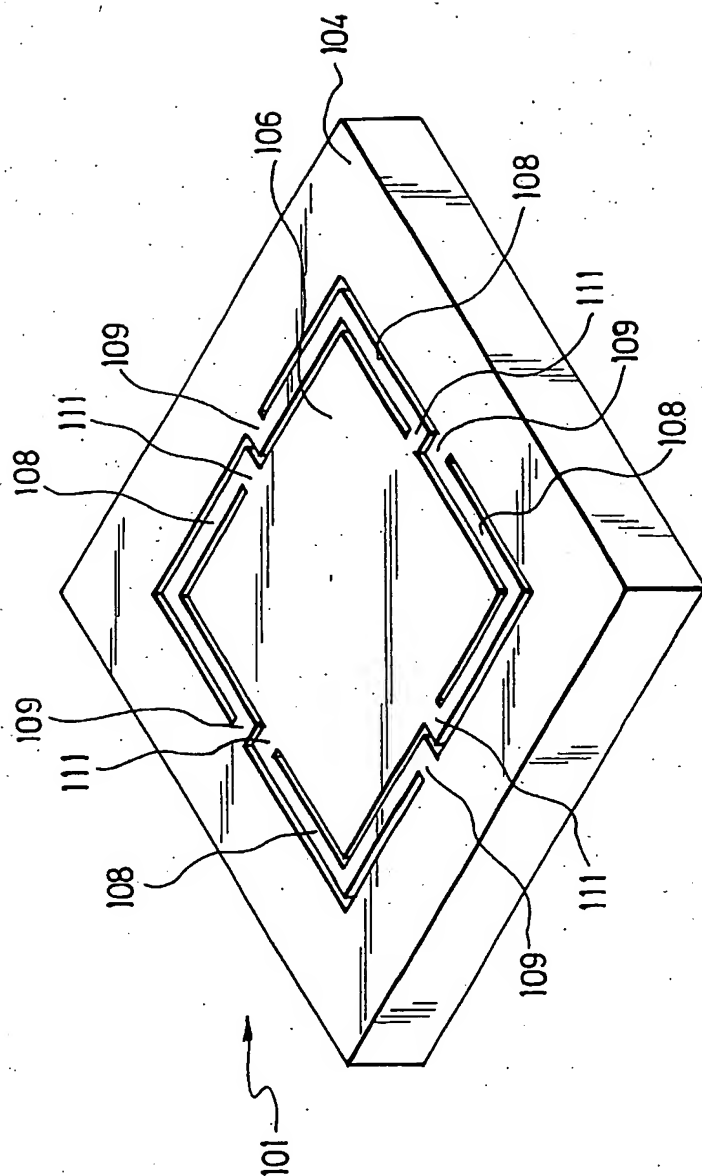
14/ Outil terminal selon les revendications 11 et 13, caractérisé en ce que la couche fonctionnelle (33) de chaque outil chirurgical intègre au moins une électrode (34, 35) affleurant la face supérieure de ladite couche fonctionnelle, la couche d'interface (30) comportant un composant conducteur (32) d'alimentation de chaque électrode.

15/ Outil terminal selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce qu'il consiste en un bistouri à une lame ou une lame de ciseau comportant une couche fonctionnelle (70) en forme de lame possédant une face latérale longitudinale profilée en forme de biseau formant une arête de coupe longitudinale.

16/ Outil terminal selon les revendications 11 et 15, caractérisé en ce que la couche fonctionnelle (70) forme une lame bipolaire dotée d'une épaisseur (72) en matériau conducteur de l'électricité, la couche d'interface (66) comportant un composant conducteur (67) d'alimentation de ladite épaisseur conductrice.

1 / 12

Fig 1



2/12

Fig 2

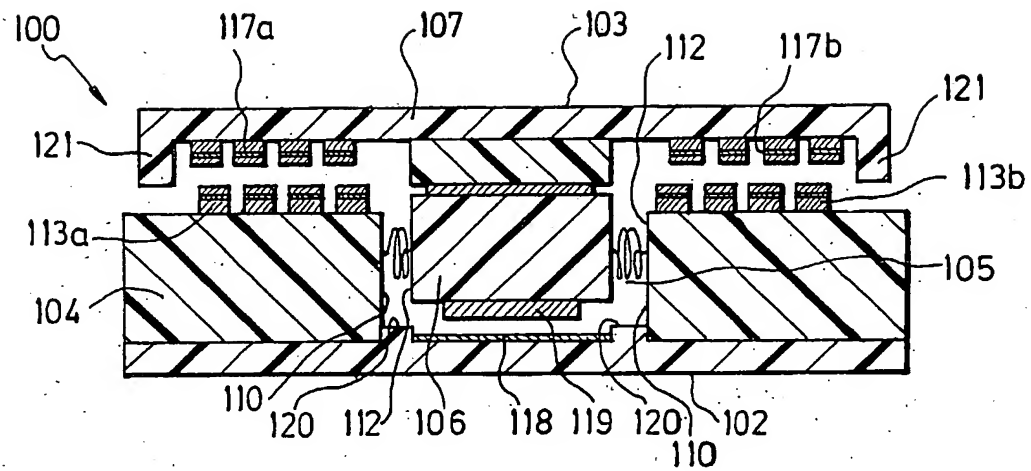
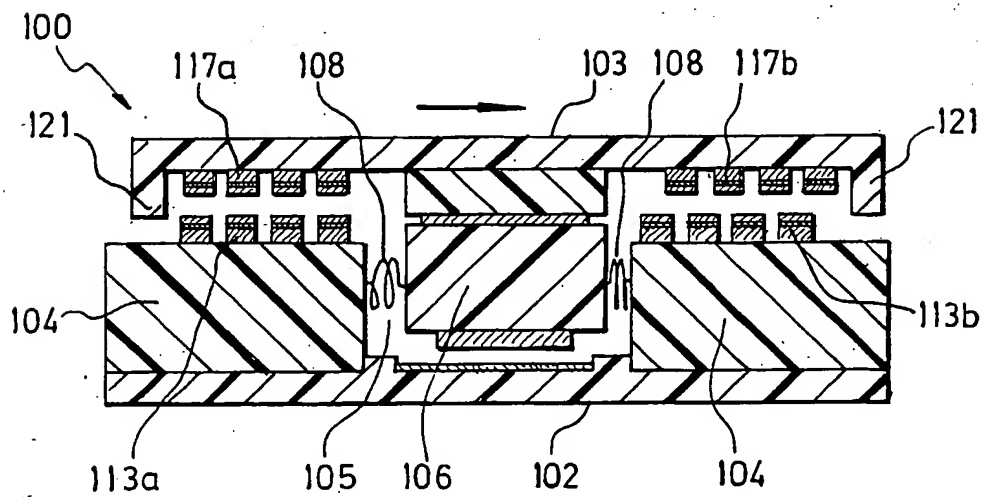
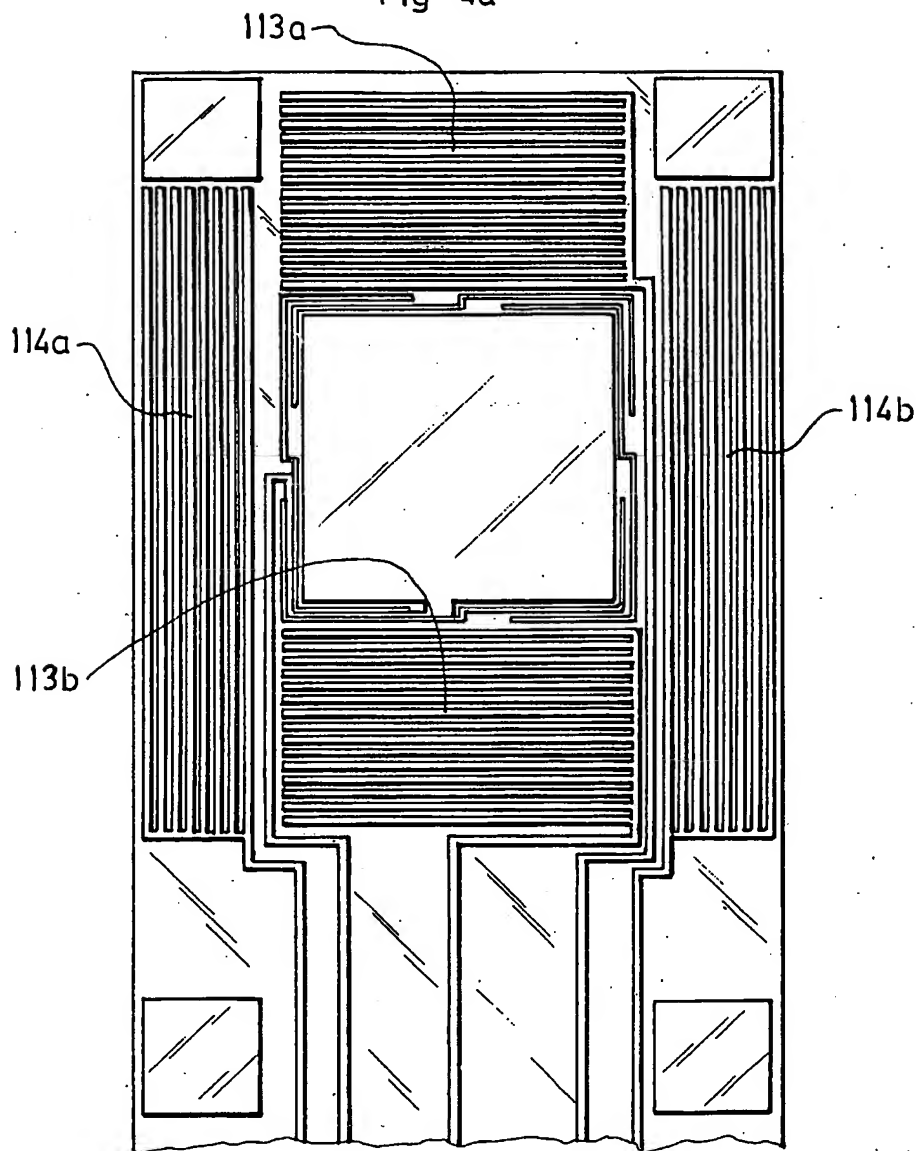


Fig 3



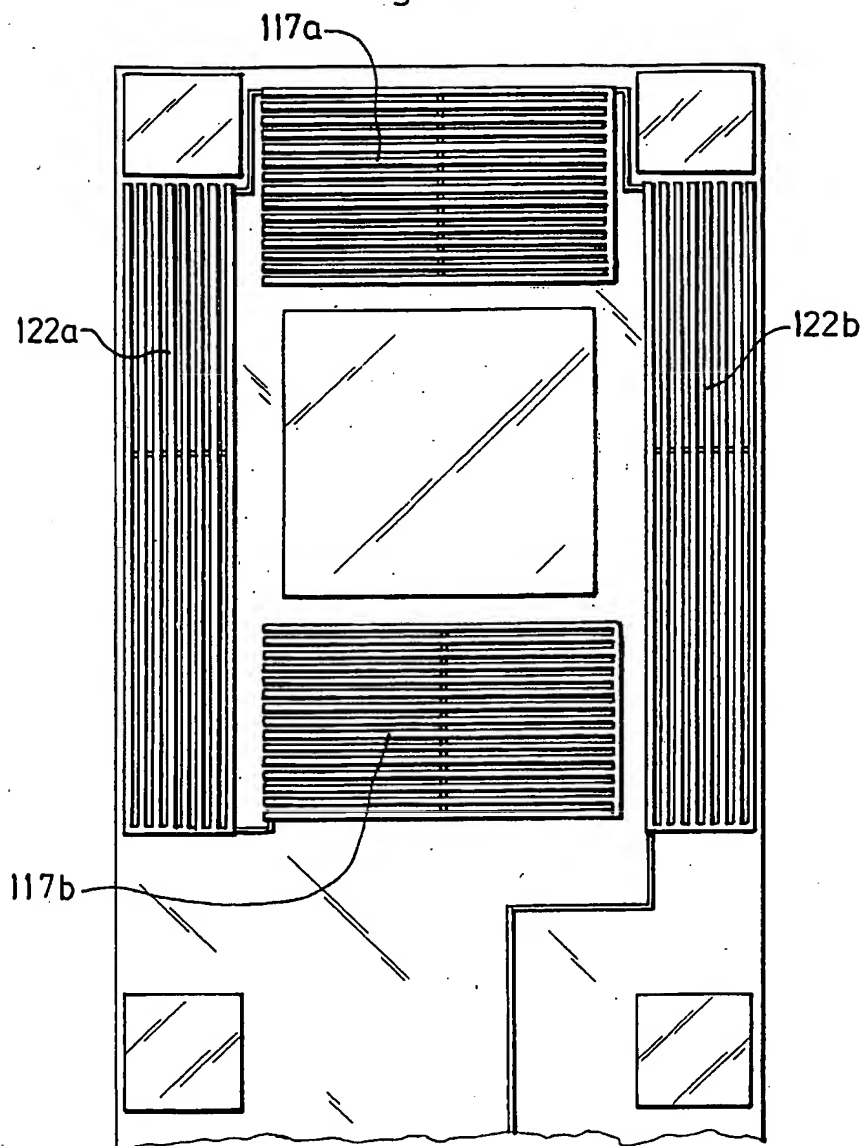
3/12

Fig 4a

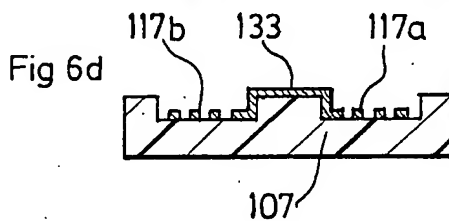
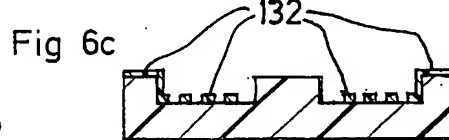
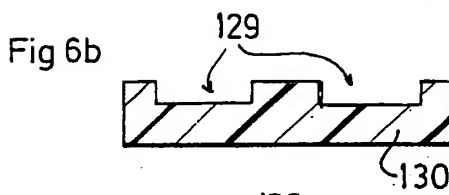
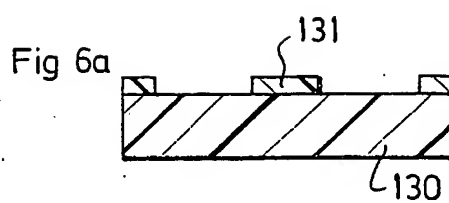
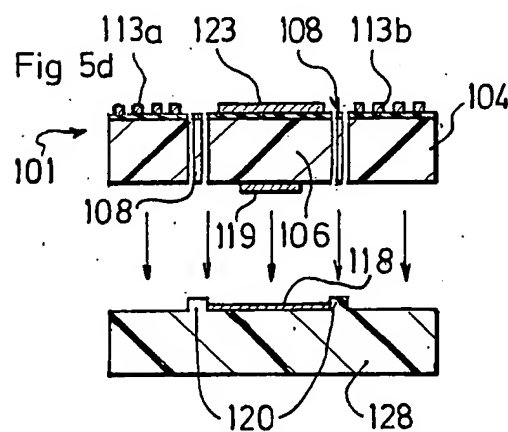
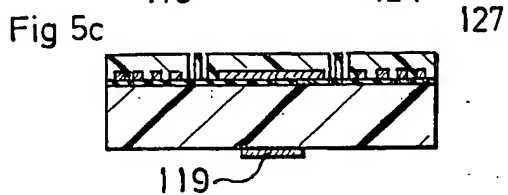
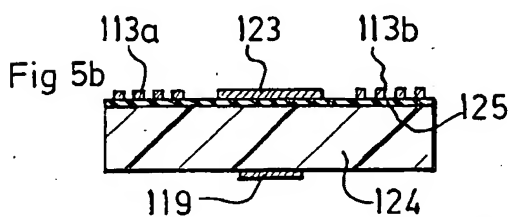
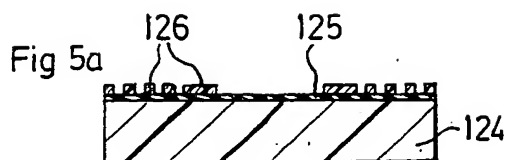


4/12

Fig 4b

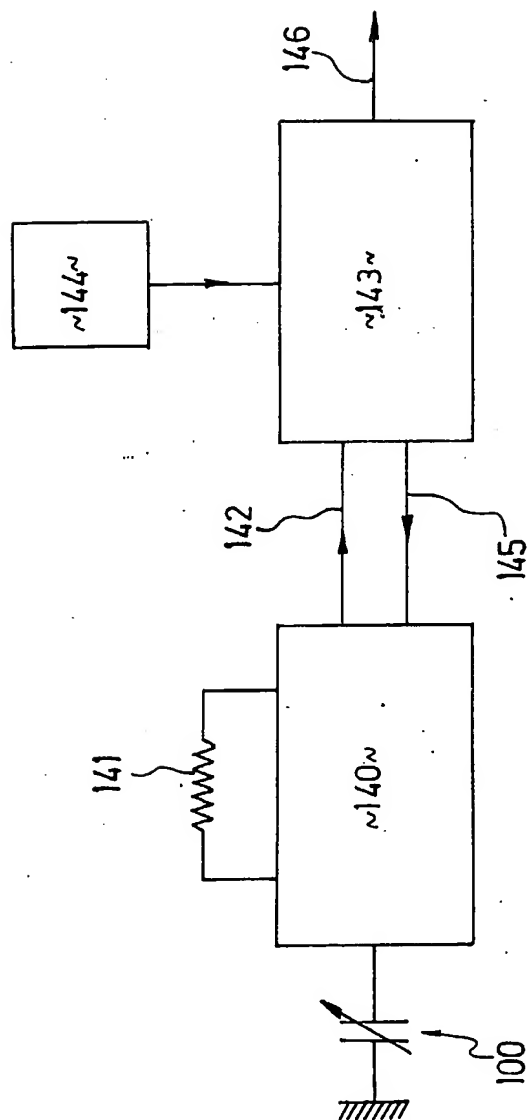


5/12



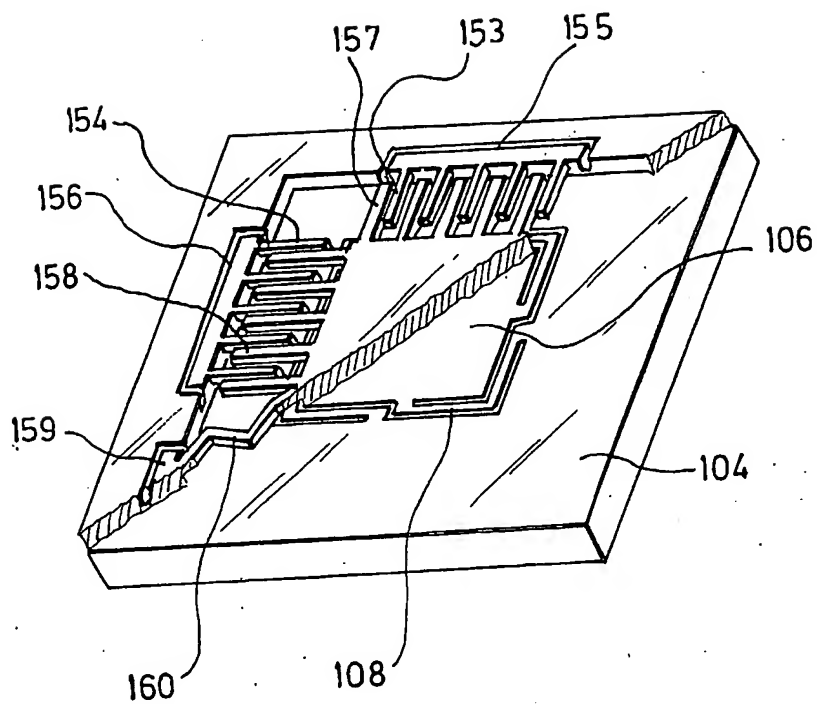
6/12

Fig 7



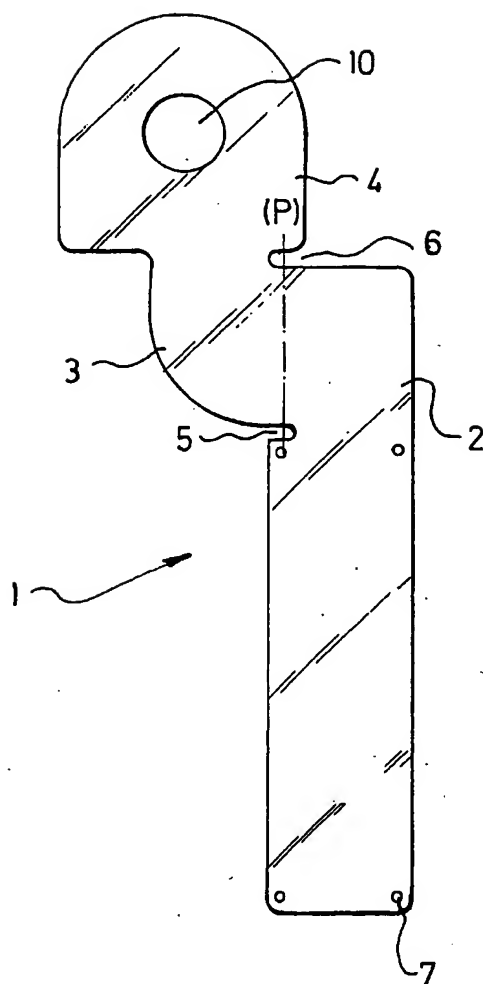
7/12

Fig 8



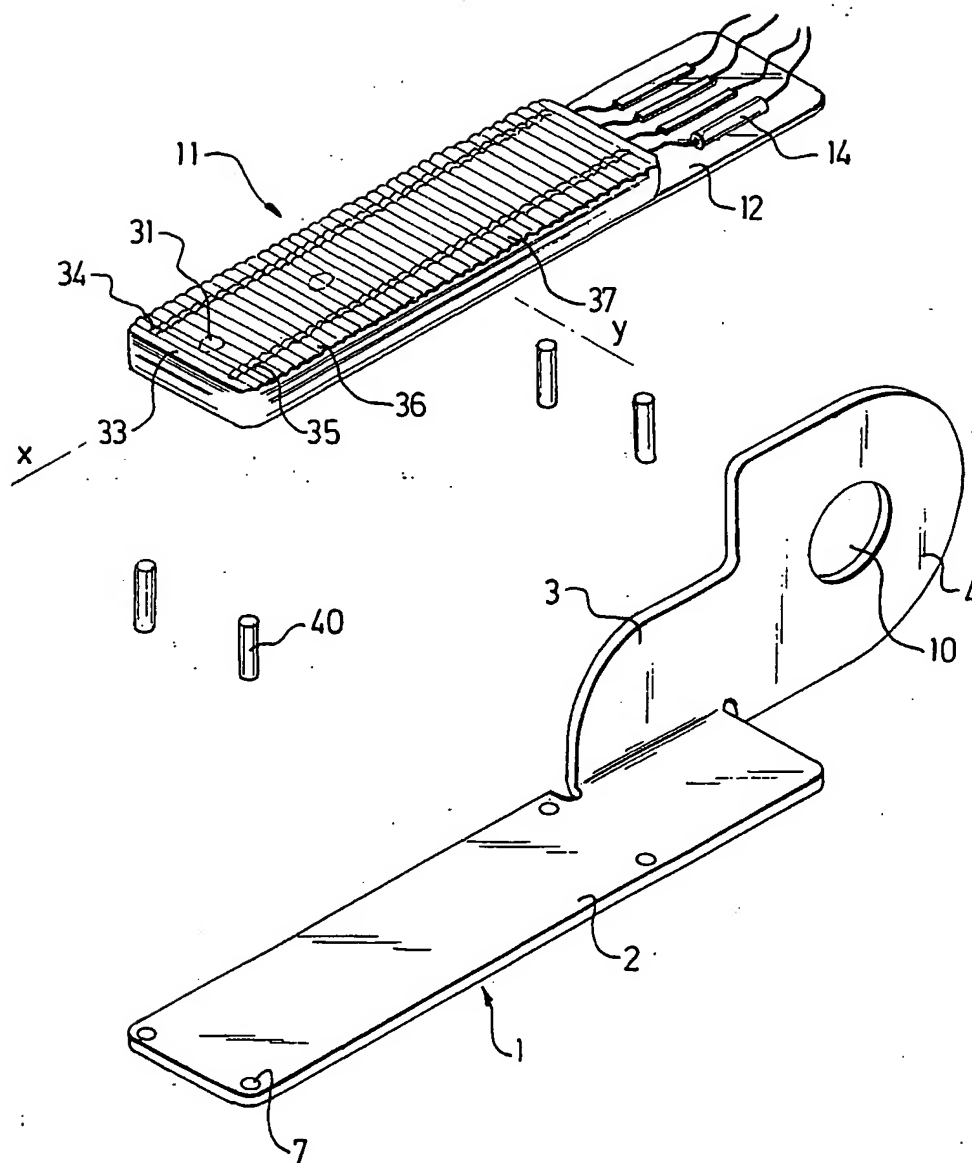
8 / 12

Fig 9



9/12

Fig 10



10/12

Fig 11

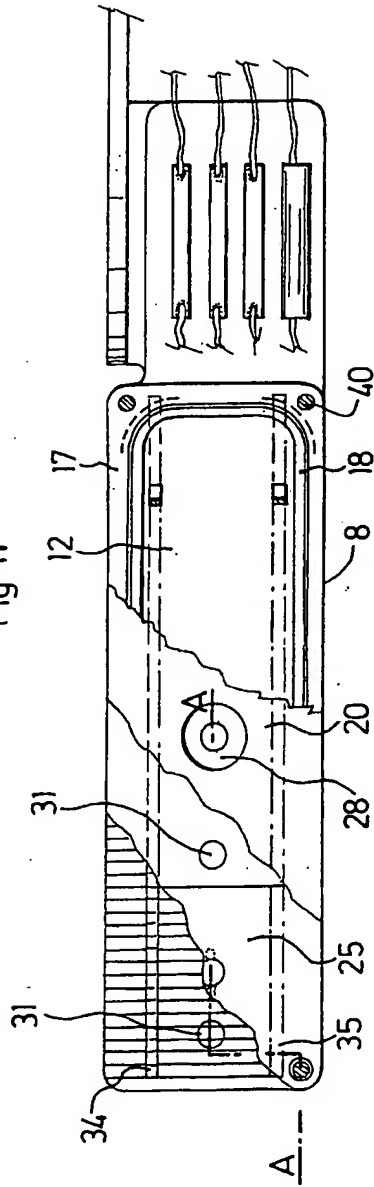
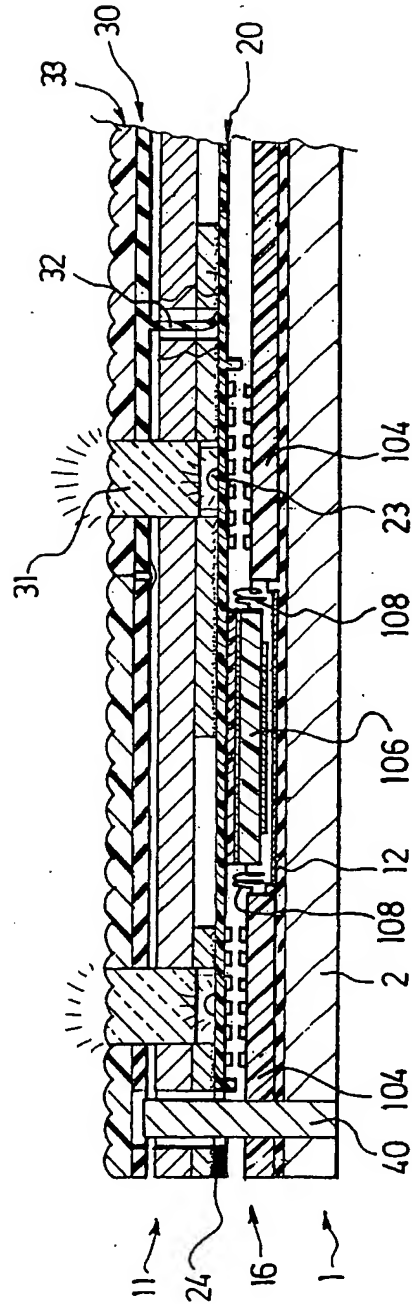
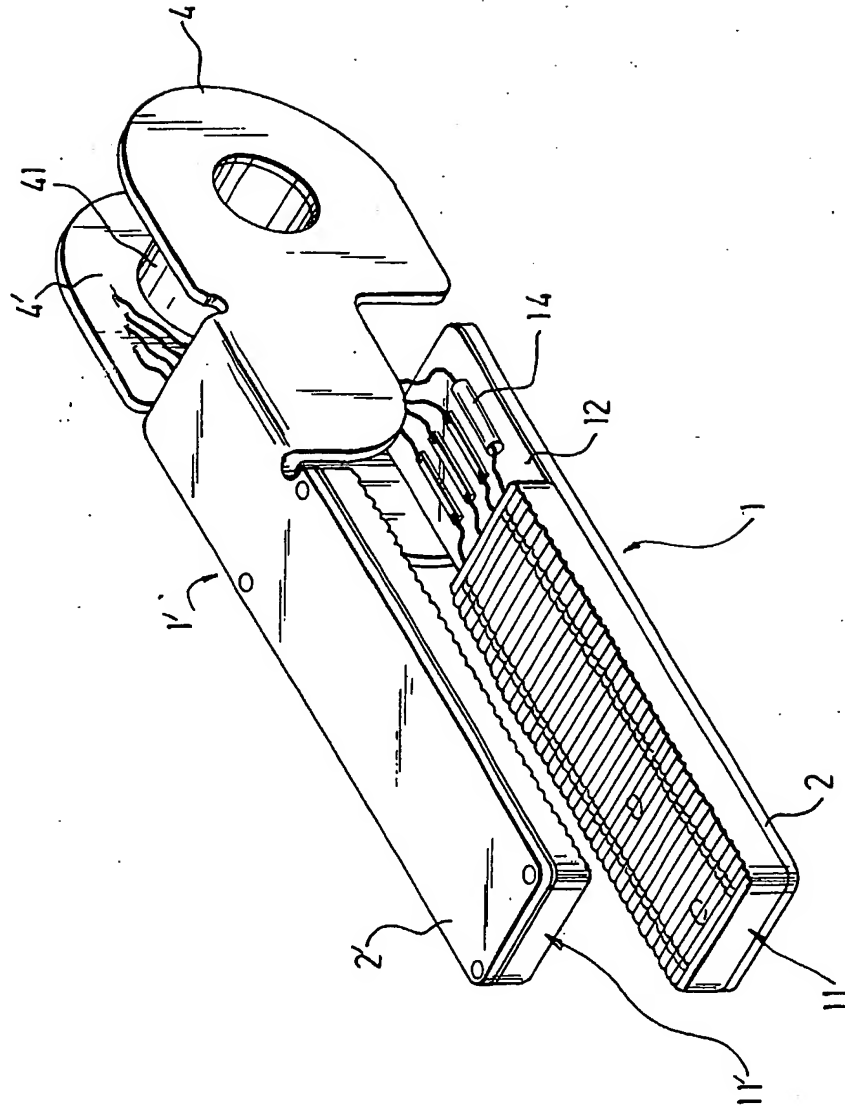


Fig 12



11 / 12

Fig 13



12 / 12

Fig 14

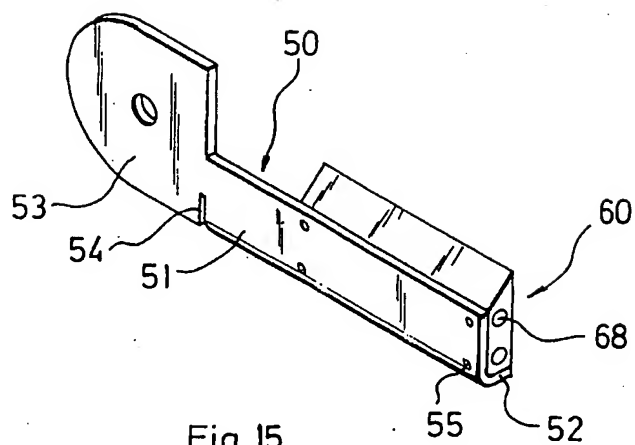


Fig 15

